Die kernähnlichen Gebilde des Muskelprimitivbündels.

Inauguraldissertation

der

medicinischen Fakultät zu Erlangen

vorgelegt

von

Ph. Steffan,

Dr. med.

Erlangen, 1860.

Druck der A. E. Junge'schen Universitätsbuchdruckerei.

Seinen verehrten Lehrern

Herrn Prof. Dr. J. Gerlach

und

Herrn Prof. Dr. Fr. Will.

Um Ostern vorigen Jahres von Prof. Gerlach auf vorstehendes Thema aufmerksam gemacht, musste mich dasselbe um so mehr anziehen, als die in Rede kommenden Gebilde durch neuere Arbeiten von Leydig, Welcker Böttcher und C. O. Weber in nähere Beziehung zum Bindegewebe getreten waren, und mir somit die vorliegende Arbeit zugleich Gelegenheit gab, mir einen klaren Einblick in die noch schwebende Bindegewebscontroverse zu verschaffen. Nicht gewohnt und gewillt, in „verba jurare magistri," habe ich, unbekümmert um gerade herrschende Ansichten und frei von Vorurtheilen, die Arbeit unternommen und lege in Folgendem meinen beiden Lehrern, mit denen ich als Assistent in nähere Beziehung getreten bin, die Resultate vor, zu denen ich, auf eigenen Füssen stehend, im Laufe eines Jahres gelangt bin. Möge es mir mein Lehrer auf dem Gebiete der Histologie, Prof. Gerlach, nicht übelnehmen, wenn ich in verschiedenen Beziehungen von seinen Lehren abgewichen bin; es kann ihm nur zur Ehre gereichen, wenn sein praktischer Lehrplan der Histologie seine

Schüler von vornherein an selbstständiges Arbeiten gewöhnt und ihnen die Mittel an die Hand gibt, auf die vom Lehrer gelegte Grundlage hin selbstständig fortzuarbeiten.

Schliesslich habe ich hier Prof. Gerlach für die freie Benützung seiner Bibliothek, und Prof. Will für Ueberlassung eines reichen Untersuchungsmaterials meinen Dank zu erstatten.

Literatur.

A. Kölliker' Handbuch der Gewebelehre des Menschen, 2. Auflage. Leipzig 1855.

J. Gerlach, Handbuch der Gewebelehre des menschlichen Körpers, 2. Auflage. Mainz 1854.

R. Virchow, Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre, 2. Aufl. Berlin 1859.

F. Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt a. M. 1857.

F. Leydig, Ueber Tastkörperchen und Muskelstruktur, in Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, Jahrgang 1856. Berlin.

A. Kölliker, Einige Bemerkungen über die Endigungen der Hautnerven und den Bau der Muskeln, in Siebold und Kölliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 3. Heft des 8. Bandes. Leipzig 1856.

A. Rollett, Untersuchungen zur näheren Kenntniss des Baues der quergestreiften Muskelfasern, in den Sitzungsberichten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klase der kaiserl. Akademie der Wissenschaften, 2. Heft des 24. Bandes. Wien 1857.

H. Welcker, Bemerkungen zur Mikrographie: II. Ueber elastische Faser, Muskelfaser und Darmepithel, in Henle und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin, neue Folge: 8. Band. Heidelberg und Leipzig 1857.

A. Böttcher, Ueber Ernährung und Zerfall der Muskelfasern, in R. Virchow's Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin, neue Folge: 3. Bandes 2. u. 3. Heft. Berlin 1858.

C. O. Weber, Zur Entwicklungsgeschichte des Eiters, ebendaselbst, neue Folge: 5. Bandes 5. u. 6. Heft. Berlin 1859.
H. Frey, Histologie und Histochemie des Menschen. Leipzig 1859.

Nach Kölliker finden sich an der Innenseite des Sarkolemma's constant Kerne *) in grosser Anzahl von Linsen- oder Spindelform, häufig mit Nukleolis von 0,003—0,005''' Länge, ohne gesetzmässige Stellung. Nach Zusatz von Natron kaust. werde in vielen Fällen der Inhalt der Muskelröhren so flüssig, dass derselbe in anhaltendem Strome sammt den Kernen aus denselben herausquelle.

Nach Gerlach sind in die Substanz der strukturlosen Scheidenmembran in gewissen Entfernungen körnige Zellenkerne eingelagert, welche grossentheils eine längliche, oft unregelmässige Gestalt haben; bei den meisten dieser Kerne entspricht der Längendurchmesser der Längenaxe des Muskelfadens. Gerlach leugnet das Vorkommen von Zellenkernen in der ausgeflossenen, aufgelösten Substanz der Knötchenfibrillen, behauptet dagegen, jene Kerne erschienen nach Neutralisation des Alkali's durch Essigsäure in grosser Anzahl in dem Sarkolemma wieder.

Nach Virchow zeigen sich nach Behandlung mit Essigsäure an der Wand der quergestreiften Muskelprimitivbündel, hie und da auch mehr gegen die Mitte hin Kerne, die ziemlich gross sind, meistens grosse Kernkörperchen enthalten, bald in grösserer bald in kleinerer Zahl. Nach

---

*) Nach Rollett war Schwann der erste, der auf die Kerne der Muskelfasern — ebenso wie auf ihre fribrilläre Zusammensetzung und das Sarkolemma — aufmerksam machte, vergl. Schwann's mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung der Struktur und des Wachsthums der Thiere und Pflanzen. Berlin 1859. S. 168.

ihm gehören die Kerne dem Inhalt, nicht der Hülle der Muskelprimitivbündel an.

Leydig gibt innerhalb des Muskelprimitivbündels ein feines Kanal- und Lückensystem an, das analog den Virchow'schen Körperchen im Bindegewebe die contraktile quergestreifte Muskelsubstanz durchzieht. Was Kölliker als Querschnitte der Fibrillen, Bowman als Querschnitte seiner sarcous elements deutet, ist nach Leydig der Querschnitt jenes Kanal- und Lückensystems. Die die Fibrillen von Kölliker oder sarcous elements von Bowman verkittende Zwischensubstanz ist nach Leydig die contraktile quergestreifte Muskelsubstanz (Leydig's Primitivcylinder innerhalb der Primitivbündel). Innerhalb der länglich strahligen Lücken des das Primitivbündel durchziehenden Kanal- und Lückensystems, sagt Leydig, erblickt man zuweilen noch Kernrudimente und zwar am constantesten zunächst der Querfläche des Sarkolemma's.

Kölliker verwirft Leydig's neue Entdeckung und bestätigt nochmals seine obige Ansicht von den Kernen der Muskelfaser, sowie auch seine übrige Lehre vom Bau des quergestreiften Muskelprimitivbündels. Nach ihm sind Leydig's gezacktrandige Hohlräume nichts anderes als die längstbekannten Kerne der Muskelprimitivbündel in einem geschrumpften Zustande, die Leydig's Hohlräume verbindenden Kanäle beruhen auf einer besonderen Zwischensubstanz in Gestalt von reihenweise gestellten blassen Körnchen, die nach Essigsäurezusatz als feine kernfaserartige Streifen zum Vorschein kommen.

Rollett stimmt mit Leydig's Kanal- und Lückensystem mit den stellenweise darin vertheilten Kernen vollkommen überein, nur tadelt er Leydig's Vergleich jener Spalten des Primitivbündels mit Bindegewebskörperchen, einmal weil die Natur dieser Körperchen noch streitig sei, und zweitens weil nur dann und wann einmal der Vergleich

zutreffe, wenn gerade durch einen Kern eine Spalte der Muskelfaser besonders ausgeweitet sei.

Welker schliesst sich der Lehre von der fibrillären Zusammensetzung der Muskelprimitivbündel an und weist in den seither als „Kerne" theilweise gekannten Gebilden ein neben den Fibrillen das Innere des Muskelprimitivbündels durchsetzendes, sehr reiches System saftführender Hohlräume nach. Diese Hohlräume werden nach ihm von Zellen gebildet, welche zahlreiche, die einzelnen Zellen verbindende Ausläufer besitzen, und nennt er sie analog den Knochenkörperchen „Muskelkörperchen."

Böttcher führt den Beweis, dass die bekannten Kerne der Muskelprimitivbündel Bindegewebszellen angehören, dass diese Bindegewebszellen unter einander durch ein Kanalsystem in Verbindung stehen, dass ferner dieses Kanalsystem des Muskels unmittelbar in das der Sehne sich fortsetzt. Nach Böttcher ist also das Muskelprimitivbündel von einem von eignen Wandungen umkleideten Röhrensystem, das zahlreiche zellige Elemente (Bindegewebszellen) eingestreut enthält, durchzogen. Von der Existenz eines solchen Röhrensystems mit seinen Bindegewebszellen hängt, wie die Ernährung des Bindegewebs, so auch die des Muskelgewebes ab.

C. O. Weber schliesst sich Böttcher vollkommen an, indem er erklärt, dass die sogenannten Muskelkerne offenbar die Kerne von anastomosirenden, die Muskelprimitivbündel durchziehenden und umspinnenden Bindegewebszellen mit äusserst zarter Wand sind.

Frey sagt: „Der Innenfläche des Sarkolemma's angelagert trifft man ein System rundlicher und ovaler oder auch spindelförmiger Kerne von 0,00333 — 0,005''' Grösse mit deutlichen Kernkörperchen. Durch Essigsäure vermögen sich diese Nuklei zu schlängeln oder zackig zu gestalten. Ihre Zahl ist nicht unbedeutend, die Stellung bald eine re-

gellose, bald mehr alternirende. Nur in den Herzmuskelfäden kommen neben peripherischen Kernbildungen auch solche in den Axentheilen vor. Bei anderen Thieren, wie z. B. dem Frosch, liegen die Nuklei in allen Tiefen des Fadens." Weiter sagt Frey, das reihenförmige Vorkommen von Fettmolekülen in den Muskelprimitivbündeln erwähnend: „Man wird an ein System kanalartiger Lücken, welches die Nuklei und die Fettmoleküle beherbergt, hier zunächst denken müssen (Kölliker), da ein Vorkommen von Bindegewebskörperchen und elastischen Röhren, wie Leydig annimmt, kaum mit der Zartheit des Muskelfadens und dessen Entwicklungsgeschichte zu vereinbaren ist. Doch habe ich an Schnittenden von mit salzsäurehaltigem Wasser behandelten Muskelfäden häufig ein System höchst feiner Röhren zum Theil mit Fettmolekülen im Innern isoliren können; sie erscheinen als dunklere etwa 0,00033''' messende Fäden."

Nachdem ich so die verschiedenen Ansichten der Autoren über den fraglichen Gegenstand vorausgeschickt habe, fragt es sich: Wie ist es möglich über so zarte Strukturverhältnisse klar zu werden? Es gibt, will man sich in noch unsicheren und streitigen histologischen Fragen ein Urtheil bilden, nur einen Weg, der zum Ziele führt, das ist die Untersuchung des frischen, unmittelbar vom lebenden Thiere genommenen Gewebes mit Vermeidung aller Zuthaten, die irgendwie das Bild des frischen Gewebes stören könnten, und hierher ist genau genommen das Wasser schon zu rechnen. Die besten Untersuchungsflüssigkeiten liefert der Organismus selbst in Form von Blutserum oder Humor aqueus, oder man bedient sich einer Eiweisslösung. Nichts kann für die Histologie schädlicher sein, als der unumschränkte Gebrauch von Reagentien. Wenn man aus mikroskopischen Bildern, die durch Einwirkung aller möglicher chemischen Stoffe auf das todte Körpergewebe erzeugt sind

— und dass hier die energischsten Chemikalien wie Salpetersäure, Salzsäure, die Alkalien u. s. f., also Stoffe, die als Aetzmittel das lebende Gewebe zu zerstören im Stande sind, in Anwendung kommen, ist bekannt —, ein Urtheil über die histologische Struktur eines Gewebes fällt, ist damit auch die Struktur des Gewebes im lebenden Organismus erwiesen? Meiner Meinung nach durchaus nicht; denn wer kann bei unsrer Unkenntniss der chemischen Konstitution thierischer Gewebe abmessen, wie weit ein durch Beifügung eines Reagenzes erzeugtes mikroskopisches Bild auf Rechnung des Reagenzes kommt, wie weit es durch die zu erforschende wahre Struktur des Gewebes bedingt ist? Sucht man für irgend eine vorgefasste Meinung unter dem Mikroskop Bilder, die dieselbe bestätigen sollen, so wird man nie vergebens danach suchen, man muss nur die richtigen Reagentien treffen; mit Hülfe von Reagentien lässt sich unter dem Mikroskop alles beweisen. Damit soll jedoch nicht gesagt sein, dass Reagentien beim Mikroskopiren überhaupt nicht angewendet werden sollen; allein jedem Gebrauche von Reagentien muss die genaue Untersuchung des möglichst frisch vom lebenden Thiere genommenen Gewebes mittelst Blutserum u. s. f. (s. oben) vorausgehen; erst dann lässt sich die Wirkung von Reagentien einigermassen abmessen, indem man stets das Bild des frisch ohne Reagenz untersuchten Gewebes dabei vor Augen hat und stets daran denkt, dass durch Reagentien künstlich erzeugte Bilder nie beweisen können, was nicht schon das frisch untersuchte Gewebe, wenn auch nicht so deutlich, gezeigt hat. Nur bei diesen Principien, und wenn man ausserdem vollständig vorurtheilsfrei, nicht in der Weise, dass man unterm Mikroskop die Bestätigung für irgend eine vorgefasste Meinung sucht, sondern um Anderer Ansichten unbekümmert, durch das Mikroskop sich erst ein eignes Urtheil bilden will, wird man histologische Fragen richtig zu lösen vermögen. So

lange mir nicht dieser Weg der histologischen Untersuchung als der einzig richtige klar wurde, tappte ich stets im Dunkeln herum, fand Bilder, die für die Ansicht der einen wie solche, die für die Ansicht der andern sprachen, ohne selbst eine klare Anschauung zu bekommen. Erst von dem Zeitpunkte an, wo ich, alle Reagentien bei Seite lassend, das frische, noch lebendige Muskelgewebe untersuchte, und die so erhaltenen Bilder als Basis für die weitere Untersuchung aufstellte, vermochte ich das Wahre vom Falschen zu trennen und zu einem eignen Urtheil zu kommen. Um mit Bequemlichkeit lebendige Muskeln untersuchen zu können, musste ich natürlich zu den Kaltblütern meine Zuflucht nehmen, deren Muskeln überhaupt, wie der weitere Verlauf dieser Arbeit lehren wird, allein geeignet sind, über die in Rede stehenden Gebilde in's Reine zu kommen. Folgendes sind die zunächst am Froschmuskel gewonnenen Resultate.

Untersucht man vom lebenden Frosch genommene Muskelfasern in Eiweiss, so sieht man von den Kerngebilden, wie sie Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und andere angeben und abbilden, keine Spur, und könnte man daher auf den ersten Blick leicht zu der Meinung kommen, an frischen Muskeln sei überhaupt von ihnen nichts sichtbar; allein ein sorgfältiges Durchsehen des Objcktes wird bald eines Besseren belehren, und hat man sich nur einmal an ihr Aussehen gewöhnt, so findet man sie stets ohne grosse Schwierigkeit wieder. Sie stellen am lebenden Muskel langgezogene, schmale, spindelförmige, einfach conturirte, vollkommen homogen aussehende Gebilde dar, deren beiderseitige Enden allmählig spitzzulaufend schliesslich in einen einfachen, dunklen Strich ausgehen, der sich mehr weniger weit in der Längsrichtung der Primitivfaser verfolgen lässt (Taf. I Fig. 1). An manchen Fasern kann man nichts von ihnen entdecken, an vielen aber sieht man sie in der be-

schriebenen Weise. Ausserdem sieht man an der frischen Muskelfaser stets die bekannte Querstreifung, eine zarte, aber deutliche Längstreifung und die äussere vom Sarkolemma bedingte Abgrenzung des Muskelprimitivbündels. Was lehrt nun der Querschnitt des Muskelprimitivbündels? Leider ist es nicht möglich vom frischen Muskel feine Querschnitte zu erhalten, und muss man daher seine Zuflucht zu einer Methode nehmen, die dies erlaubt, ohne das Bild des frischen Gewebes viel zu alteriren. Man trocknet zu diesem Zwecke den frischen Muskel, bis er eine Härte erreicht hat, die feine Schnitte erlaubt, und weicht den so erhaltenen Schnitt in Wasser wieder auf. Solche Querschnitte zeigen, mitten in die contraktile Substanz einer Muskelfaser eingelagert, und nur höchst selten und ausnahmsweise einmal am Sarkolemma meist runde oder ovale, seltner etwas eckige, einfach conturirte, vollkommen homogene, meist im Centrum bei gewisser Einstellung ein dunkles Pünktchen zeigende Gebilde, die Querschnitte jener spindelförmigen Elemente der Muskelfaser in der Längenlage (Taf. I Fig. 2). Welcker gibt ihre Zahl für ein mittelstarkes Bündel zu 16 an*). Ausserdem zeigt der Querschnitt als zarte deutliche Ringelchen die Durchschnitte der Fibrillen oder sarcous elements, ferner eine Anzahl schärfer hervorstechender schwarzer Ringelchen, auf die ich später zurückkommen werde, und rings den Querschnitt des Primitivbündels umschliessend das Sarkolemma. Wie Leydig das Vorhandensein von Durchschnitten der Fibrillen oder sarcous elements auf Muskelquerschnitten, und noch dazu während er doch selbst seine Primitivcylinder in den Primitivbündeln als aus sarcous elements bestehend beschreibt**), leugnen will, ist mir unbegreiflich.

---

*) Welcker a. a. O. S. 229 und 232.

**) Leydig's Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere, S. 41, §. 45 ff.

Nachdem ich mir genau diese Bilder, wie sie der frische Muskel zeigt, eingeprägt hatte, schritt ich zu einem vorsichtigen Gebrauch von Reagentien, zunächst der Essigsäure. Lässt man unter dem Mikroskop auf die frische Muskelfaser in Eiweiss Essigsäure einwirken, so bringt diese Säure znächst eine Gerinnung im Eiweiss hervor, und kann, dadurch in ihrem Weiterrücken gegen die Muskelfasern hin aufgehalten, nur ganz allmählich auf letztere einwirken, was den grossen Vortheil gewährt, die Wirkung der Essigsäure Schritt für Schritt verfolgen zu können. Es treten nun zunächst die beschriebenen spindelförmigen Gebilde klar und in grösserer Anzahl als vor Einwirkung der Essigsäure hervor; ihre Gestalt ist auch jetzt noch die langgezogene Spindelform, nach beiden Seiten in einen schwarzen Strich auslaufend, und lässt sich nicht selten diese dunkle Linie der Länge der Muskelfaser entlang 2 und 3 solche spindelförmige Elemente verbindend, verfolgen. Erst bei weiterer Einwirkung der Essigsäure, oder wenn man dieselbe von Anfang an energisch und ohne Vorsicht anwendet, sieht man die Spindelform in eine mehr ovale bis runde oder auch zackige Gestalt übergehen, wie sie Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und andere beschreiben (Taf. I Fig. 3a und b). An der Abrissstelle einer Faser quillt stets die contraktile Substanz sammt den kernartigen Elementen über das Sarkolemma hervor. Der Grund des deutlichen Hervortretens nach Einwirkung von Essigsäure ist nicht etwa der, den Virchow angibt, „weil Essigsäure die contraktile Substanz kläre *);“ die contraktile Substanz ist am frischen Muskel klar genug um in ihr eingelagerte, oder wie in Virchow's Fall nur auf ihr aufliegende Gebilde erkennen zu lassen; der wahre Grund, wie ihn auch Welcker ganz

*) Virchow a. a. O. S. 47.

richtig andeutet*), ist vielmehr der, dass jene homogene, wasserhelle, spindelförmige Masse des frischen Muskels durch Einwirkung der Säure coagulirt, und während sie früher bei gleichem Lichtbrechungsvermögen mit der umgebenden contraktilen Substanz nur wenig hervorleuchtete, daher auch nicht überall wahrnehmbar war, jetzt von der Umgebung scharf absticht und daher auch allerwärts klar in die Augen fällt. Behandelt man den vom getrockneten frischen Muskel erhaltenen, mit Wasser wieder aufgeweichten Querschnitt mit Essigsäure, so quillt derselbe alsbald bedeutend an, die früher meist runden Durchschnitte der Spindelgebilde an der Längsfaser werden eckig und zackig, zugleich etwas grösser, haben ein ganz homogenes, einfach conturirtes Aussehen, die Fibrillendurchschnitte drängen aufquellend gegen einander und werden dadurch polygonal, jene schwarzen Ringelchen sind sehr deutlich, und eine geringe die einzelnen Fibrillen verklebende Zwischensubstanz lässt, den Konturen der polygonal gewordenen Fibrillendurchschnitte folgend, innerhalb des Sarkolemma's ein feines Netzwerk heller Linien erkennen, das Aussehen gewährend als seien die schwarzen Ringelchen und die grösseren eckigen Gebilde des Muskelfaserquerschnittes durch ein Netzwerk feiner Ausläufer verbunden (Taf. I Fig. 4), und hüte man sich hier wohl vor einer solchen Täuschung.

Sehen wir nun weiter zu, welches Aussehen die fraglichen Gebilde nach Anwendung der Gerlach'schen Färbemethode gewähren. Legt man eine frische Muskelfaser 24 Stunden in Farbstoff, so lässt die mit Farbstoff imbibirte Faser längsovale blasse Gebilde erkennen, von denen sich wieder mehr weniger deutlich dunkle Linien, in der Längsrichtung der Faser abgehend, verfolgen lassen (Taf. I Fig. 5a).

---

*) Welcker a. a. O. S. 229.

Es sind dies jene spindelförmigen Körper der frischen Faser, nur durch Aufsaugung gefärbter Flüssigkeit zur Ovalform aufgequollen und eben darum nur blass conturirt, wie ich schon an Fig. 3b auf Taf. I veranschaulicht habe, wo ebenfalls die ursprüngliche Spindelform, durch längere Einwirkung der Essigsäure zur Ovalform aufgequollen, darum blassere Conturen zeigt. Lässt man Essigsäure auf die gefärbte Faser einwirken, so erhalten die vorher längsovalen Körper durch Aufquellen der contraktilen Substanz zunächst wieder ihre natürliche langgezogene Spindelform und treten zugleich, während die Umgebung blasser roth wird, dunkel roth gefärbt scharf hervor (Taf. I Fig. 5b); erst nach längerer Einwirkung von Essigsäure wird die Spindelform wieder mehr ovalär, ohne ihre dunkelrothe Färbung zu verlieren (Taf. I Fig. 5c). Fig. 6a auf Taf. I stellt den Querschnitt zu Fig. 5a derselben Tafel und Fig. 6b auf Taf. I den zu Fig. 5b und c derselben Tafel dar, d. h. erstere Figur den gefärbten Querschnitt der Muskelfaser ohne weiteres Reagenz, letztere Figur denselben mit Essigsäure, und bedarf es nach dem eben über die gefärbte Muskelfaser Gesagten und bei Vergleich mit Fig. 2 und 4 auf Taf. I keiner weiteren Erläuterung zu diesen Figuren. Als sehr wichtig und wohl zu berücksichtigen habe ich noch die Fig. 6c auf Taf. I beigefügt; sie stellt Fig. 6b derselben Tafel nach längerer Einwirkung von Essigsäure dar: der Querschnitt der Faser ist bedeutend aufgequollen und eben so die Querschnitte der spindelförmigen Gebilde der frischen Längsfaser, während der Farbstoff in letzteren seine alte Form unverändert beibehalten hat und so den Anschein eines dunkelroth gefärbten Kernes innerhalb eines ungefärbt gebliebenen, eckigen Zellenraumes vortäuscht; nimmt man noch die Ueberreste jenes Netzwerkes von Linien (vergleiche das früher darüber Gesagte) hinzu, so sieht man leicht ein, wie ein unvorsichtiger Beobachter den vermeintlichen eckigen Zellen auch

Ausläufer zuertheilen kann. Ich lege darum auf diese Figur grosses Gewicht, weil sie lehren kann, wie sehr auch die Färbmethode zu Täuschungen führen kann, wenn sie nicht mit Vorsicht gebraucht wird, und man sich nicht genau in jedem betreffenden Falle Rechenschaft darüber ablegt, wieviel von dem erhaltenen mikroskopischen Bilde auf Rechnung der gebrauchten Reagentien kommt.

Ich füge hier noch eine zweite Methode der Färbung hinzu, nämlich mit der Gerlach'schen Injectionsmasse (carminsaures Ammoniak mit Gelatin), so lange dieselbe flüssig ist. Legt man frische Muskelfasern in diese flüssige Masse, so dringt sie sehr rasch in die Spindelgebilde des Muskels ein, treibt dieselben wieder zur Ovalform auseinander, gerinnt dann beim Kaltwerden in denselben in Gestalt dunkelrother Körnchen, wodurch die fraglichen Gebilde sehr scharf hervortreten, um so mehr als das umgebende contraktile Gewebe sich gar nicht färbt (Taf. I Fig. 7; Fig. 8 derselben Tafel ist der Querschnitt dazu). Ausser diesem letzteren Vortheil hat diese Färbmethode noch das Gute, dass der Gebrauch von Essigsäure nicht nöthig ist, wie bei der vorigen Färbmethode, wenn man durch diese Gewebselemente dunkelroth hervortreten lassen will.

Ausserdem muss ich hier noch einige Bilder erwähnen, die ich von Muskeln erhielt, die, frisch in Chromsäure gelegt, einige Monate zur Härtung darin liegen blieben. Merkwürdiger Weise zeigten diese Muskeln gerade wie das ganz frische Präparat nur wenige Spindelgebilde mit klar beiderseits in der Längsrichtung davon abgehenden dunklen Linien, und an manchen Fasern sah man gar nichts davon (Taf. I Fig. 9), auch gelang es nicht durch Einwirkung von Essigsäure mehr davon sichtbar zu machen, indem die Chromsäure durch ihre erhärtende Wirkung das natürliche Bild des frischen Muskels so zu sagen so fixirt hatte, dass Essigsäure demselben nichts anhaben konnte. Es sei hier-

mit die Trefflichkeit verdünnter Chromsäurelösung als Aufbewahrungsflüssigkeit für Gewebe, die man nicht augenblicklich frisch untersuchen kann, hervorgehoben, indem sie das Bild des frischen Gewebes ausgezeichnet erhält. Höchst wichtig war für mich auch der Querschnitt von Muskeln derselben Chromsäurepräparate (Taf. I Fig. 10). Es zeigte derselbe nämlich nur schwarze Ringelchen und keine grösseren Durchschnittsgebilde, wie ich sie in Fig. 2 u. s. f. derselben Tafel als Querdurchschnitte der Spindelgebilde der Längsfaser gezeichnet habe. Hieraus muss ich nothwendig den Schluss ziehen, dass der Querdurchmesser dieser Gebilde am lebenden Muskel nur gering sein kann, und dass derselbe bei Aufweichen des vom frisch getrockneten Muskel erhaltenen Querschnitts (Taf. I Fig. 2) über sein normales Lumen am frischen Muskel aufgequollen ist. Zugleich gibt dieser geringe Querdurchmesser der in Rede stehenden Muskelelemente neben dem schon oben angeführten, aus dem gleichen Brechungsverhältniss ihrer und der umgebenden Muskel-Substanz abgeleiteten Grund noch einen zweiten Fingerzeig, warum sie am frischen Muskel nur in beschränktem Masse sichtbar sind; man sieht eben hier nur solche von sehr günstiger Lage und möglichst weitem Querdurchmesser, während die übrigen erst dann zur Wahrnehmung kommen, wenn durch Essigsäure eine Coagulation hervorgerufen worden ist.

Aus dem bisher Gesagten lässt sich einstweilen so viel schliessen, dass die frische, lebende Muskelfaser eine Anzahl langgezogener, spindelförmiger, sehr schmaler, einfach conturirter Elemente von ganz homogenem Aussehen besitzt, die bei Anwendung von Essigsäure eine Coagulation zeigen und dann eine ovale oder zackige Gestalt annehmen, in Farbstoff zur Ovalform aufquellen, dass ferner die von Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und anderen von denselben Elementen gegebenen Bilder und Beschreibungen

solche durch Essigsäure oder Farbstoff vom todten Muskel erhaltene Bilder sind, die, künstlich durch Reagentien erzeugt, dem Bild des lebenden Muskels nicht entsprechen und als Kunstprodukte zurückzuweisen sind.

Es handelt sich nun darum nachzuweisen, ob diese Elemente der Muskelfaser eine ihnen eigenthümliche Hülle haben oder nicht. Ersteres ist sicher dann erwiesen, wenn es gelingt, dieselben als selbstständige Gebilde mit deutlich sichtbarer Hülle zu isoliren. Allein man wird vergebens Zeit und Mühe darauf verwenden, eine solche Isolation zu Stande zu bringen. Durch Zerfasen der Muskelprimitivbündel, und am besten wendet man hier solche an, die kurze Zeit in flüssiger Injectionsmasse gelegen haben (vgl. Taf. I Fig. 7 und 8), erreicht man nichts; überall wo ein solches mit Karminkörnchen gefülltes Muskelelement in die Rissstelle fällt, hört seine Contur scharf am Abrissrande der Muskelfaser auf, wie Fig. 7 α u. β auf Taf. I zeigt; nie, und dies gilt ganz ausnahmslos, lässt sich über die Abrissstelle des Muskels hinaus etwa in Form eines Fetzens oder irgendwie sonst eine Spur einer Hüllenmembran jener Muskelelemente nachweisen. Sucht man dieselben nun dadurch zu isoliren, dass man durch stärkere Chemikalien die umgebende contraktile Substanz auflöst, so ist der Erfolg ein ebenso negativer. In demselben Masse wie die contraktile Substanz durch Wirkung der Chemikalien bis zu ihrem vollständigen Verschwinden blasser und blasser wird, in ganz demselben Masse wird die Contur der in ihr liegenden Elemente undeutlicher, bis dieselbe schliesslich gleichzeitig mit jener Substanz verschwindet, und nur noch ein Haufe rother Karminkörnchen die Stelle andeutet, wo früher die Spindelgebilde des Muskels lagen. Letztere haben somit keine Hülle.

Wie steht's nun weiter mit einem Kern in ihnen? Ich glaube hierüber bedarf es nicht viel Worte, die Figuren 1,

2, 4, 6, 7, 8 auf Taf. I geben die Antwort, dass von einem Kerne nichts vorhanden ist; besonders müssten Präparate, wie sie Taf. I Fig. 7 veranschaulicht, deutlich den Kern in den erweiterten, zuweilen nur wenige rothe Pigmentkörnchen enthaltenden Spindelgebilden erkennen lassen, wäre ein solcher vorhanden; allein davon ist nirgends etwas zu sehen. Alles, was von Kernen an der Muskelfaser ausgewachsener Thiere beschrieben wurde, reducirt sich entweder auf ein durch Essigsäure erhaltenes Coagulum oder doch auf Bilder des todten Muskels, in denen durch Aufquellen die Spindelelemente der lebenden Muskelfaser ein ovales, kernähnliches Aussehen erhalten haben.

Wenn somit weder eine eigene Hülle, noch ein Kern an den fraglichen Muskelelementen vorhanden ist, so ist einmal klar, dass es keine Zellen sein können, und zweitens dass ihre Umwandung von der umgebenden contraktilen Substanz der Muskelfaser, oder da dieselbe meiner Ueberzeugung nach aus Fibrillen besteht (s. später), von den umgebenden Fibrillen selbst gebildet wird, dass, kurz gesagt, die beschriebenen spindelförmigen Gebilde des lebenden Muskels von einem vollkommen homogenen, durch Essigsäure momentan coagulirbaren Inhalte gefüllte „interfibrilläre Lücken" sind. Einen strikten Beweis dafür gibt folgendes.

Ich habe bereits erwähnt, dass frische Muskeln, längere Zeit zur Härtung in Chromsäure gelegt, dem frischen Präparat entsprechend nur wenige Spindelgebilde zeigen, und zwar wie dieselben Präparate lehren, ausser andern Gründen (vgl. oben) darum, weil ihr Querdurchmesser nur ein geringer ist. Lässt man nun auf solche Chromsäurepräparate ein Reagenz wirken, das die fibrilläre Muskelsubstanz etwas zum Schrumpfen bringt, ohne irgend eine weitere Wirkung auszuüben, und ein solches Reagenz ist Aether, so sieht man alsdann sehr deutlich alle Spindelgebilde des

Muskels, sei es noch mehr in ihrer natürlichen Spindelform, und dann sind auch wieder deutlich von ihnen in der Längsrichtung abgehende dunkle Linien sichtbar, sei es mehr in Ovalform vollkommen homogen und einfach conturirt hervortreten. Zerfasert man nun solche Muskelprimitivbündel, was jetzt nach der härtenden Wirkung der Chromsäure nicht schwer ist, so sieht man entweder da, wo ein Längsriss ein Spindelelement trifft, den Riss in eine vollkommen leere Lücke einmünden (Taf. II Fig. 1), oder an abgerissenen Längsbruchstücken seitliche Einkerbungen der halben Contur eines in der Länge gespaltenen Spindelelementes entsprechend hervortreten (dieselbe Figur). Nirgends zeigt sich die Spur eines Kernes, höchstens sieht man in einigen der Lücken einige feine Pünktchen liegen. Dasselbe zeigt ebenso schön, vielleicht nock klarer, ein mit Aether behandelter Querschnitt eines in Chromsäure gelegenen Muskels, zumal da wo ein Riss ein Stück vom Querschnitt des Mukelprimitivbündels weggetrennt hat, wie Taf. II Fig. 2 besser wie mit Worten zu beschreiben darthut. Ebenso klar zeigt ein solcher Querschnitt jene schon früher erwähnten schwarzen Ringelchen.

Hiermit ist so strikt wie möglich der Beweis für die Gegenwart interfibrillärer Lücken im Muskelprimitivbündel an Stelle dessen, was die genannten Autoren Kerne genannt haben, geliefert, und ist nun weiter zu sehen, ob diese interfibrillären Lücken Ausläufer besitzen und durch solche mit einander communiciren oder nicht. Es ist die Entscheidung hierüber, wie leicht einzusehen, ein sehr misslicher Punkt, da man es mit so zarten Verhältnissen zu thun bekommt. Soviel lässt sich jedoch einstweilen mit Bestimmtheit sagen, dass von Querausläufern nichts vorhanden ist. Nirgends habe ich davon etwas gesehen, und jenes Netzwerk heller Linien, wie es die Figuren 4, 6 b und c auf Taf. I veranschaulichen, als von Querausläufern herrührend

zu erklären, wäre grosse Täuschung, wie ich hier nicht weiter auseinanderzusetzen habe; seine Entstehungsweise ist früher klar beschrieben worden. Nicht so einfach ist die Entscheidung, ob die interfibrillären Lücken Längsausläufer haben. Ich habe schon mehrfach erwähnt (Taf. I Fig. 1, 3a und b, 5a, b und c, 9 und Taf. II Fig. 1), dass man von den interfibrillären Lücken wenigstens überall da, wo sie ihre natürliche Spindelform beibehalten haben, beiderseits in der Längsrichtung dunkle Linien auslaufen sieht, die oft mehrere hinter einander liegende Lücken verbinden, ferner dass Querschnitte stets neben den Fibrillendurchschnitten eine Anzahl deutlich hervortretender dunkler Ringelchen erkennen lassen (Taf. I Fig. 2, 4, 6a, b und c, 8, 10, Taf. II Fig. 2), und liegt der Schluss nahe, dass diese Ringelchen die Querdurchschnitte jener dunklen Linien sind. Die Richtigkeit dieses Schlusses lässt sich gar nicht in Abrede stellen; allein man kann fragen, wie viele solcher Ringelchen des Querschnitts solchen Linien der Längsfaser entsprechen, die sich nicht als Ausläufer von interfibrillären Lücken verfolgen lassen, — und sicherlich haben die meisten Längslinien des Muskelprimitivbündels gar nichts mit den interfibrillären Lücken zu thun, sondern sind blos der optische Ausdruck aneinanderlagernder Fibrillen, worauf eben die Längsstreifung des Muskelprimitivbündels beruht, — oder ob es gar keine Ringelchen der Art gibt, sondern sie alle nur den von den interfibrillären Lücken auslaufenden Längslinien entsprechen; eine Antwort auf diese Frage weiss ich nicht zu geben, und ist mir auch kein Mittel bekannt, sie zu entscheiden. Eine zweite wichtigere Frage ist die, ob die dunklen Ringelchen des Muskelfaserquerschnitts in der That der Ausdruck eines Kanallumens sind, oder ob sie blos der optische Ausdruck einer Anzahl hier aneinanderstossender Fibrillendurchschnitte in besonders klar hervorstechender Form darstellen und nichts mit einem Kanallumen zu thun haben,

somit nicht mehr bedeuten, wie die Längsstreifung des Muskelprimitivbündels am Muskellängsschnitt. In einem Falle kann man sie sehr deutlich als Kanallumina sehen, und zwar ist dies der Querschnitt von in Chromsäure gehärteten Muskelfasern, mit Aether behandelt (Taf. II Fig. 2); allein es kann dies auch auf die oben beschriebene Wirkung des Aethers kommen, und da der lebende frische Muskel keine feinen Querschnitte zulässt, um das Bild des durch Aether erhaltenen Präparates dadurch zu controliren, kann man aus diesem Präparat auch keinen sicheren, für den lebenden Muskel anwendbaren Schluss ziehen. Auch die Färbemethode gibt keinen Aufschluss; legt man frische Muskelfasern in Farbstoff, so imbibiren sich eben nur die interfibrillären Lücken und nie die fraglichen Längsausläufer (Taf. I Fig. 5 a, b und c und 6 a, b und c); besonders klar zeigen dies die Präpärate, bei denen flüssige Injectionsmasse zum Eärben benutzt wurde; es finden sich hier die erstarrten Farbstoffkörnchen nur in den interfibrillären Lücken, und auch nicht ein einziges irgend wo in einem Längsausläufer derselben (Taf. I Fig. 7 u. 8). Allein es wäre auch hier übereilt, wollte man wegen dieses Verhaltens gegen Farbstoff den Längsausläufern der interfibrillären Lücken ein Lumen absprechen; denn es gibt Fälle, wo sich ganz feine Kanälchen und Lücken, mag man sie noch so lange in Farbstoff liegen lassen, doch nicht imbibiren; es wird kein Mensch leugnen, dass an Querschnitten macerirter Knochen in den Knochenhöhlchen und ihren Ausläufern ein feines Kanal- und Lückensystem gegeben ist, das sich voraussichtlich mit grösster Leichtigkeit mit Farbstoff imbibiren sollte; allein der Versuch widerspricht der gehegten Voraussetzung; es färben sich wohl die Querschnitte der Havers'schen Kanälchen, aber merkwürdiger Weise bleibt das sie umgebende Lückensystem ganz ungefärbt; will man das Lückensystem mit Farbstoff füllen, so muss man den durch lange Mace-

ration aller seiner Weichtheile beraubten Knochen von seinem Centralkanal aus injiciren. Es bleibt somit zur Bestimmung, ob die dunklen Ringelchen des Muskelfaserquerschnitts ein Kanallumen vorstellen oder nicht, nur das optische Aussehen derselben übrig. Wie weit hier die von Welcker gegebenen Einstellregeln*) Aufschluss zu geben vermögen, weiss ich nicht; zwar bezweifle ich nicht im geringsten ihre theoretische Richtigkeit, nur möchten sie sich praktisch darum weniger verwerthen lassen, als man sich bei Betrachtung so feiner Kanallumina, zumal wenn man schon vorher ein Kanallumen zu finden wünscht oder nicht, sehr leicht optisch täuschen kann, und abgesehen davon fehlt eben immer der Querschnitt des frischen lebenden Muskels, der allein entgültig entscheiden kann. Aus dem Gesagten geht hervor, dass unsere derzeitigen Hülfsmittel noch keinen sicheren Schluss darüber erlauben, ob die interfibrillären Lücken des Muskelprimitivbündels hohle Längsausläufer besitzen oder nicht, so wahrscheinlich dies auch Muskelquerschnitte vom Frosch und andern Kaltblütern machen; nur soviel lässt sich voraussagen, dass, wenn bessere Hülfsmittel vollkommene Sicherheit über solche feine Längskanäle geben werden, auch die Umwandung dieser Kanäle, ebenso wie die der interfibrillären Lücken, nicht von einer eignen Membran, sondern von den umgebenden Fibrillen selbst gebildet wird; denn bringt man durch Wirkung von Reagentien die umgebende fibrilläre Substanz zum Schwinden, so schwinden auch jene Längsausläufer in ganz gleichem Schritt, und an Abrissenden von Muskelfasern geht nie ihre Contur über die Abrisslinie der Muskelfaser hinaus (vergl. Taf. I Fig. 3a u. b, 5a, b u. c, 9, Taf. II Fig. 1).

---

*) Welcker in Henle und Pfeufer's Zeitschrift für rationelle Medicin, 6. Band S. 172.

Es ist nun hier der Ort einiges über die Ansichten der Autoren zu reden, die in der Muskelprimitivfaser ein eigenwandiges Kanal- und Lückensystem oder ein anastomosirendes Zellennetz entdeckt zu haben glauben, und die Beweiskraft ihrer dafür gegebenen Gründe näher zu betrachten. Leydig als der erste, der ein Kanal- und Lückensystem in der Muskelfaser angibt, und dasselbe dem Netzwerk anastomosirender Zellen im Bindegewebe nach Virchow's Lehre an die Seite stellt, gründet diesen Vergleich blos auf die Analogie des Aussehens, ohne sich auf einen strikten Beweis der Identität beider einzulassen; wieviel auf Leydig's Vergleich zu geben ist, sagt am besten Rollett mit den am Anfang dieser Arbeit aus seiner Abhandlung angeführten Worten. Auch Kölliker spricht sich in Siebold und Kölliker's Zeitschrift a. a. O. ganz speciell gegen Leydig's Ansicht aus, zugleich die seinige nochmals bestätigend. Nur habe ich auch hier wieder gegen Kölliker ausdrücklich anzuführen, dass die Bilder, wie er sie an demselben Orte (Taf. XIV Fig. 1 und 8) von seinen Muskelfaserkernen angibt, nicht dem lebenden Muskel entsprechen, sondern erst sekundär auf die schon mehrmals von mir angegebene Art entstanden sind (vergl. meine Figuren 3b, 5a und c, 7 auf Taf. I). Das geht auch aus Kölliker's eigenen Figuren hervor; denn in seiner Abbildung (a. a. O. Taf. XIV Fig. 3), die das Primativbündel des Frosches frisch in Humor aqueus darstellt, ist nichts von seinen bläschenförmigen Muskelkernen zu sehen, eher eine Andeutung der langgezogenen schmalen Spindelformen, in denen sich die beschriebenen interfibrillären Lücken am frischen Muskel in Eiweiss darstellen. Besonders möchte ich Kölliker auf die Chromsäurepräparate frischer Froschmuskeln (vergl. oben), die eine bequeme allseitige Untersuchung derselben zulassen, aufmerksam machen; er möchte hier vergebens nach seinen bläschenförmigen Kernen suchen. Auf Kölliker's körnige

interfibrilläre Zwischensubstanz komme ich später zu reden. Gegen Rollett's interfibrilläres Kanal- und Lückensystem habe ich, vorausgesetzt dass noch ein strikter Beweis für das Vorhandensein interfibrillärer Längskanäle am lebenden Muskel geliefert wird, da dann seine Ansicht ganz mit der meinen stimmt, durchaus nichts einzuwenden; nur muss ich das Vorhandensein irgend welcher Kerne darin als Kunstprodukt des todten Muskels, wie schon früher erwähnt, zurückweisen. Welcker lässt zwar Leydig's Kanal- und Lückensystem aus Zellen bestehen, welche zahlreiche, die einzelnen Zellen verbindende Ausläufer besitzen, gesteht aber selbst, dass er weder etwas sicheres von Längsausläufern und noch weniger von Querausläufern gesehen habe; der ganze Beweis für seine Ansicht beruht auf den Worten „nach Allem, was ich bei meinen Untersuchungen sah", damit ist aber in der That nichts bewiesen, und bedarf es daher auch keiner Widerlegung. Nach Böttcher's ausführlicher Arbeit sollte man es für ganz unzweifelhaft halten, dass die Muskelprimitivfaser von einem zierlichen Netzwerk anastomosirender Bindegewebszellen durchzogen sei, auf welchem einerseits die Ernährung des gesunden Muskels beruhe, und das andererseits den Ausgangspunkt aller pathologischen Prozesse im Muskel bilde. Böttcher sah am M. gastrocnemius von Fröschen, die er lebend nach Durchschneidung der Sehne dieses Muskels in carminhaltiges Wasser setzte, zarte mit Carminkörnchen gefüllte Kanälchen in der Längs- und Querrichtung die Muskelfaser umziehen und gleiche Kanälchen auch in das Innere der Muskelfaser vordringen, um überall mit Bindegewebszellen in Verbindung zu treten, auch ermangelt Böttcher nicht das, was er gesehen, durch eine Zeichnung zu versinnlichen, die allerdings, wie er zusetzt, etwas schematisch ist. Doch damit nicht genug; Böttcher gelang es auch aus dem Herzen eines an Typhus Verstorbenen spindelförmige Zellenelemente sowohl vollständig zu

isoliren, als auch noch in theilweiser Verbindung mit der zerfaserten contraktilen Muskelsubztanz darzustellen, so dass ihm gar kein Zweifel über die Identität der isolirten Spindelzellen mit seinen Bindegewebszellen der primitiven Muskelfaser herrscht. Ich muss gestehen, noch heute die schöne Zeit zu bedauern, die ich darauf verwandte Virchow'sche Bindegewebszellen an der Muskelfaser zu entdecken, bis mir endlich klar wurde, welch' grobe Irrthümer sich Böttcher hat zu Schulden kommen lassen. Das von ihm beschriebene Kanalsystem sind die die Muskeln umspinnenden Capillaren, in die in dem beschriebenen Falle Carminkörnchen eingedrungen waren, wobei zugleich das in ihnen enthaltene Blut verdrängt worden war *). Legt man ein Stück Muskel in flüssige Injektionsmasse, so geschieht dies stets in kurzer Zeit. Was Böttcher als Spindelzellen isolirt hat, sind erst durch die Zerfaserung entstandene zufällige Produkte, theils auf dem Capillarsystem des Muskels, theils auf grösseren mitzerfaserten Gefässen des Muskels beruhend. Um einen Begriff von Böttcher's Täuschung zu geben, füge ich eine Abbildung bei (Taf. II Fig. 3), die ein abgerissenes Stück Capillare mit dem sog. Capillarenkern darstellt, und allerdings an eine Zelle denken lässt, zumal wenn man Zellen zu entdecken strebt; ist man aber nicht so voreilig, so ergibt alsbald der Vergleich mit umliegenden Resten des mitzerfaserten Capillarsystems den begangenen Irrthum. Wenn sich Böttcher nicht scheut, Capillaren mit ihren Kernen, die vermeintlichen Kerne der Muskelprimitivfasern und vielleicht auch Bindegewebsfasern, die sich nicht selten bei der Zerfaserung netzförmig über die Muskelbündel hinlegen, in einen Topf zusammenzuwerfen und daraus ein anastomosirendes Netz von Bindegewebszellen zu verfertigen, von dem er

*) Vergl. Henle's Urtheil über die betreffende Arbeit Böttcher's in Henle's Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahr 1858. S. 71.

dann ausführlich alle pathologischen Prozesse im Muskel ableitet, so möchte Böttcher sich in seiner Meinung der Virchow'schen Lehre damit einen Dienst erwiesen zu haben täuschen, eine solche Ausbreitung von Virchow's Lehre kann nur Abneigung gegen dieselbe erregen. Da C. O. Weber ganz mit Böttcher's Ansichten übereinstimmt, nur dessen Entdeckung noch ausführlicher im Sinne der Virchow'schen Lehre ausbeutet, muss auch das Urtheil über C: O. Weber's Arbeit, soweit sie das Muskelgewebe betrifft, ebenso ausfallen wie über die Böttcher's; was C. O. Weber von einem die Muskelfaser durchziehenden und umspinnenden Netz von Bindegewebszellen gesehen hat, muss, so schön auch die beigefügten Abbildungen sind, so gut auf Irrthümern und Täuschungen beruhen wie das, was Böttcher gesehen hat; sonst könnte C. O. Weber nicht Böttcher's Arbeit eine treffliche nennen und sich mit Böttcher um die Priorität der Entdeckung streiten. Böttcher's und Weber's Arbeiten gegenüber ist es meiner Ansicht nach sehr bezeichnend, dass Virchow, in dessen Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie beide aufgenommen sind, in der zweiten Ausgabe seiner Zellularpathologie noch so wenig von Bindegewebszellen in der Muskelfaser angibt wie in der ersten; nur führt er, unzweifelhaft aus denselben Präparaten wie sie Böttcher benutzte, durch Zerzupfen frei gewordene, den Faserzellen der Milzpulpa, wie er sagt, ganz ähnliche Spindelzellen an, die er nur als wahrscheinlich dem Sarkolemma angehörig bezeichnet. C. O. Weber geht indess noch weiter wie Böttcher; er will sogar in der Nähe der Oberfläche eiternder Muskelwunden Maschennetze mit oder ohne Brut in ihnen entwickelter Eiterzellen, auch farbige Blutkörperchen enthaltend, in Zusammenhang mit den Capillaren gesehen haben; auch hat er ähnlich wie an der Muskelprimitivfaser so auch um die Nervenprimitivfasern ein anastomosirendes Netz von Bindege-

webszellen entdeckt. Wie es damit steht, habe ich nicht untersucht, und gehört dies auch nicht in den Bereich dieser Arbeit. Böttcher's und Weber's Abhandlungen können ein Beispiel abgeben, wie sehr man sich täuschen kann, wenn man, von Vorurtheilen befangen, unter dem Mikroskop die Bestätigung einer in der Phantasie vorgefassten Meinung sucht, nicht erst durch das Mikroskop, weder für die eine noch die andere Theorie eingenommen, sich überhaupt eine begründete Meinung schaffen will. Auch Frey leugnet durchaus das Vorkommen Virchow'scher Bindegewebszellen an der Muskelfaser, ist jedoch geneigt ein das Muskelprimitivbündel durchziehendes Kanal- und Lückensystem in Rollett's Sinn anzunehmen. Dass Frey an Schnittenden mit salzsäurehaltigem Wasser behandelter Muskelfäden häufig ein System höchst feiner Röhren zum Theil mit Fettmolekülen im Innern isolirt haben will, muss ich leugnen, da ich, soviel ich auch Muskelfäden zerfasert habe, auch nicht ein einziges Mal ein solches Bild erhalten habe, wie es Frey angibt*). Leider scheint Frey die Arbeit Böttcher's, auf der die von Weber basirt, nicht gekannt zu haben; sonst würde er sich wohl noch entschiedner gegen das Vorkommen Virchow'scher Bindegewebszellen in der Muskelfaser ausgesprochen haben.

Nachdem ich so die Ansichten der Autoren, die in der Muskelfaser ein eigenwandiges Kanal- und Lückensystem in Gestalt eines Netzwerks Virchow'scher Bindegewebszellen entdeckt zu haben glauben, zum Theil als nicht bewiesen, zum Theil als als auf Irrthümern beruhend erwiesen habe, schliesse ich wieder an den Gang meiner Uutersuchungen an. Sobald ich über die Gegenwart interfibrillärer Lücken im Muskelprimitivbündel klar war, musste es zunächst von Interesse sein ihr Verhalten in pathologischer Beziehung zu erforschen und nachzusehen, wie sie sich bei Heilung von Muskelwun-

---

*) Frey a. a. O. S. 355.

den verhalten. Ich durchschnitt zu diesem Zweck einer beträchtlichen Anzahl von Fröschen die Mm. gastroenemii durch und verfolgte so die Muskelheilung beim Frosch bis zum 15ten Tage nach der Durchschneidung; weiter langte mein Vorrath an Fröschen nicht. Vor allem ist hier vorauszuschicken, dass, wie ich mich im Voraus überzeugte, das Endresultat der Wundheilung beim Froschmuskel ganz dasselbe ist, wie man es an Säugethieren kennt, d. h. der Froschmuskel heilt nach Verwundung ebenfalls durch Einschiebung einer Bindegewebsnarbe zwischen die beiden Wundränder. Man kann dies am Froschmuskel vortrefflich sehen: in derselben Linie, in der man den Muskel durchschnitten hat, verläuft am geheilten Muskel die Bindegewebsnarbe. Folgendes sind nun meine Resultate darüber, wie sich die Wundheilung am Froschmuskel bis zum 15ten Tage nach der Durchschneidung unter den ungünstigsten Verhältnissen bei Zutritt aller äusseren Schädlichkeiten gestaltet. Höchst auffallend muss es gleich auf den ersten Blick sein, dass man während der ganzen Heilungszeit mit unbewaffnetem Auge nichts von Eiter an der Wunde bemerkt, auch aus der Wunde gar keinen Eiter ausfliessen sieht, wie man es unter gleich ungünstigen Verhältnissen beim Säugethier sieht. Mit dem Mikroskop beobachtet man folgendes. 24 Stunden nach der Durchschneidung sieht man an den Muskelfasern ein Stück weit von der Durchschnittsstelle aus bis zu einer gewissen Demarkationslinie, die an verschiedenen Fasern verschieden weit von der Durchschnittsstelle entfernt liegt, in Folge der durch die Verwundung in der nächsten Nähe derselben gesetzten Blutlaufs- und Ernährungsstörung den nekrotischen Zerfall der contraktilen Muskelsubstanz eintreten, und nun dieselbe in der genannten Ausdehnung ein Aussehen annehmen ähnlich dem geronnenen Nervenmarke; über der Demarkrationslinie haben die Muskelfasern ihr ganz normales Aussehen, und was man hier von den interfibrillären

Lücken sieht, hat ebenfalls keine Veränderung erlitten. Innerhalb der veränderten Muskelsubstanz vor der Demarkationslinie lässt sich noch hie und da nach Behandlung mit Essigsäure der geronnene Inhalt jener Lücken in ganz unbestimmter und unregelmässiger Gestalt wahrnehmen. Den etwa 1—2 Linien klaffenden Raum zwischen beiden Abschnittsenden des Muskels erfüllt eine vollkommen durchsichtige Grundmasse, in der eingelagert farbige und farblose Blutkörperchen, aus den bei der Durchschneidung getroffenen Gefässen stammend, liegen, und die sich beim Herausschneiden auf ein geringeres Volumen zusammenzieht. Ob die homogene Grundmasse blos vom Blutplasma herstammt, das sammt den Blutkörperchen aus den durchschnittenen Gefässen ausströmte, oder ob und wie viel davon auf Rechnung eines aus unverletzten Gefässen ausgetretenen Exsudates kommt, gibt es kein Mittel zu bestimmen; jedenfalls ist aber ersteres die Hauptquelle. So viel ergibt die Untersuchung 24 Stunden nach der Durchschneidung. An den 2 nun bei der weiteren Heilung in Betracht zu ziehenden Faktoren, der die Durchschnittsstelle umgebenden Muskelsubstanz und der zwischen die Abschnittsenden des durchschnittenen Muskels eingelagerten Zwischenmasse, lassen sich bis zum 15ten Tage kurz folgende Veränderungen beobachten. Die contraktile Muskelsubstanz, soweit sie nicht bis zur beschriebenen Demarkationslinie hin der Nekrose anheimfällt, zeigt wenig oder gar keine Veränderung; zwar lässt sich an ihr die fettige Degeneration nachweisen; allein man hüte sich dieselbe voreilig als Folge der Durchschneidung zu betrachten, worauf ich weiter unten bei der fettigen Degeneration des Froschmuskels noch kommen werde. Auf die interfibrillären Lücken der Muskelprimitivfaser verhalten sich durchaus passiv und bleiben unverändert, soweit sie nicht mit in die fettige Degeneration mit hineingezogen werden, worüber ebenfalls weiter unten bei der fettigen Degeneration des Froschmuskels ge-

naueres zu finden ist. In dem nekrotisch zu Grunde gehenden Stück Muskelfaser sieht man allmählig Fettkörnchen und Fetttröpfchen auftreten, ohne dass bis zum 15ten Tag nach der Durchschneidung die zerfallene Masse auf dem Wege der Resorption bereits verschwunden ist. (Es können hierzu die Figuren 4a und b auf Taf. II verglichen werden, die vom 4ten Tag nach der Durchschneidung stammen, aber eigentlich nicht hieher gehören, sondern erst weiter unten bei der fettigen Degeneration in Betracht kommen). In der Zwischenmasse zwischen den Muskelstümpfen sieht man die farblosen Blutkörperchen von Tag zu Tag mehr schwinden, sei es dass sie ein immer verschwommeneres, unregelmässigeres Ansehen bekommen, bis man am Ende kaum noch etwas von ihnen erkennen kann, sei es dass sie sich mit Fettkörnchen anfüllen und schliesslich nur solche oder einige Fetttröpfchen ihre frühere Stelle andeuten; die farbigen Blutkörperchen resistiren weit länger und energischer, sie nehmen ein geschrumpftes Aussehen an und sind in solchem Zustande in Haufen bei einander liegend noch am 15ten Tage nach der Durchschneidung sichtbar, ohne dass sich über die Art ihrer weiteren Rückbildung etwas erkennen liesse. Fig. 5 auf Taf. II ist ein Stück der Zwischenmasse vom 4ten, Fig. 6 derselben Tafel vom 11ten Tage nach der Durchschneidung, $\alpha\alpha$ sind in der Rückbildung begriffene farblose, $\beta\beta$ verschrumpfte farbige Blutkörperchen. Mit der Rückbildung der eingelagerten Blutkörperchen wird die Zwischensubstanz selbst, soweit sie nicht durch Haufen geschrumpfter farbiger Blutkörperchen geröthet ist, klarer und erscheint an diesen Stellen als vollkommen durchsichtige, hellgelbe, gelatinartige Masse. Mehr wie das Gesagte lässt sich bis zum 15ten Tage nach der Durchschneidung am Froschmuskel nicht beobachten. Zu bemerken ist hier noch, dass die klaffende Hautwunde bereits am 2ten bis 3ten Tag nach der Verwundung durch eine äusserst zarte Membran wieder ver-

schlossen ist. Jedem wird sich hier unwillkührlich die Frage aufdrängen, woher bildet sich die Bindegewebsnarbe, die wir am geheilten Froschmuskel die Muskelstümpfe, wieder vereinigen sehen? wie verhält sich das Bindegewebe nächst den Wundflächen des durchschnittenen Muskels bei der Heilung? Die sog. Virchow'schen Bindegewebskörperchen verhalten sich so passiv wie die interfibrillären Lücken der Muskelfasern; was man am 15ten Tage an jenen Bindegewebsgebilden sieht, ist einfach das, dass sie unmittelbar an der Wundstelle mit Fettmolekülen und feinen Fetttröpfchen angefüllt und über die Norm ausgedehnt sind, dass sie, je weiter man jederseits von den Wundrändern nach dem unversehrten Gewebe hin geht, in demselben Grade immer mehr ihr normales Ansehen zeigen; weiter lässt sich auch an ihnen nichts sehen. Wenn man wie ich nie etwas anderes gehört hat, wie Virchow's Lehren, so muss man im höchsten Grade erstaunt sein, bei einer Wundheilung unter den ungünstigsten Verhältnissen nicht das Geringste von einer Zellenwucherung in den umgebenden Geweben, nicht die Spur von einem Eiterkörperchen zu entdecken, und sollte dies etwa noch nach dem 15ten Tage, nachdem bereits längst die äussere Hautwunde wieder verschlossen ist, möglich sein? Ich glaube, eine solche Annahme wäre im mindesten sehr unwahrscheinlich und durchaus grundlos. Virchow's Lehre von der continuirlichen Entwickelung der Gewebe aus einander, dass jede Art von Neubildung präexistirende zellige Elemente als ihren Ausgangspunkt voraussetzt und an die Stelle derselben tritt, dass ferner Theilungen jener Zellenelemente das Mittel der Neubildung sind, lässt hier vollständig im Stiche, und bleibt nichts übrig, als zur alten, zur Zeit verschollenen Exsudatlehre seine Zuflucht zu nehmen. So sehr Virchow strebt, es als unhaltbare Hypothese hinzustellen, dass sich neben die vorhandenen Elemente des Körpers eine Substanz zu lagern vermöge, welche aus sich ein

neues Gewebe erzeuge, so nahe liegt es im vorliegenden Fall in jener gelatinösen Zwischenmasse zwischen den Abschnittsenden des durschnittenen Froschmuskels eine solche Substanz vor Augen zu haben; denn woher anders sollte das neuzubildende Narbengewebe entstehen? Präexistirende wuchernde Zellenelemente sind keine da. Wenn aber beim Frosch und somit wohl auch bei den übrigen Kaltblütern eine Gewebsneubildung, in vorliegendem Fall die Narbenbildung, ohne irgend welche Wucherung präexistirender Zellen von Statten geht, kann dann die Zellenwucherung, wie wir sie beim Menschen und wohl auch übrigen Warmblütern sehen, das Wesentliche der Gewebsneubildung sein? Das Grundprinzip dieses Prozesses muss jedenfalls, gleichgültig ob Warm- oder Kaltblüter, dasselbe sein. Doch wäre es voreilig weitere Schlüsse zu ziehen, da der Heilungsprozess am Froschmuskel noch nicht bis zum Ende verfolgt ist, daher sich auch nicht mit Bestimmtheit die Art und Weise der Narbenbildung angeben lässt. Die weitere Verfolgung des Heilungsvorganges muss dies erst lehren.

Ich komme nun zu einen weiteren interessanten, für die Begründung der interfibrillären Lücken der Muskelprimitivfaser nicht unwichtigen Vorgang, der fettigen Degeneration der Muskelfasern, wie man sie am Frosch vortrefflich beobachten kann. Ich wurde zuerst auf dieselbe aufmerksam, als ich die Stümpfe durchschnittener Froschmuskeln untersuchte. Fig. 4a, b, c und d auf Taf. II (mit Essigsäure) zeigen in 4 Stufen die fettige Degeneration der Froschmuskeln, wie ich sie am 4ten Tag nach der Durchschneidung beobachtete. Zuerst sieht man sehr zarte Pünktchenreihen zwischen den Fibrillen auftreten und daneben deutlich die quergestreifte Substanz und den geronnenen Inhalt der interfibrillären Muskellücken; diese Körnchen mehren sich, werden zugleich grösser und daher deutlicher, es unterliegt endlich der Inhalt der interfibrillären Muskellücken der fettigen De-

generation, und es treten an seine Stelle eine Reihe sehr deutlicher grösserer Fettkörnchen hervor, anfangs noch die Gestalt der Lücken nachahmend, was aber mit der weiteren Grössenzunahme der interfibrillären Fettkörnchen nicht mehr zu unterscheiden ist. Von dem Moment an, wo der Inhalt den interfibrillären Muskellücken in Fettkörnchen umgewandelt ist, kann man natürlich mit Essigsäure keinen gerinnfähigen Inhalt mehr nachweisen, und ist nun, wenn nicht anfangs noch die Gestalt der Fettkörnchen (Taf. II Fig. 4c) einen Anhalt gewährt, alle Spur der interfibrillären Lücken verschwunden. In gleichem Masse wie die fettige Degeneration der Muskelfaser fortschreitet, wird die quergestreifte Substanz blasser und undeutlicher, sie schwindet mit einem Wort. Diese fettige Degeneration beweist einmal die Richtigkeit meiner Angabe über die Gestalt der interfibrillären Lücken: lnnggezogen, dünn, spindelförmig; denn so ist auch die Gestalt, in der die Fettkörnchen bei der fettigen Degeneration an Stelle der interfibrillären Lücken treten; zweitens beweist sie, dass diese Lücken durchaus nichts von einem Kern enthalten; denn wo wir kernhaltige Gebilde haben, treten bei der fettigen Degeneration die Fettkörnchen neben dem Kerne auf, die Fig. 4c auf Taf. II zeigt aber keine Spur eines Kernes. Sobald einmal jener am lebenden Muskel ganz homogene, durch Essigsäure rasch gerinnende Inhalt der interfibrillären Muskellücken die fettige Degeneration erlitten hat, sind dieselben auch für unser Auge verschwunden, und lässt sich bei ihrer Schmalheit der Ort, wo sie, nun mit einer Reihe Fettkörnchen gefüllt, liegen, nicht mehr unterscheiden. Abgesehen von den interfibrillären Muskellücken gibt die fettige Degeneration, wie man sie von Stufe zu Stufe am Froschmuskel verfolgen kann, auch ein klares Bild über diesen pathologischen Prozess selbst. Nicht die fibrilläre Substanz oder die sarcous elements von Bowman sind es, innerhalb derer die Fettkörnchen sich bilden (Don-

ders)*), nicht an Stelle dieser Muskelelemente treten die Fettkörnchenreihen am fettig degenerirten Muskel, sondern an Stelle jener Längsstreifen des gesunden Muskels, die der optische Ausdruck für die Grenze aneinanderstossender Fibrillen sind, also mit andern Worten die fettige Degeneration des Muskels hat ihren Ausgangspunkt zwischen den Fibrillen, deren Verschwinden sodann die Folge der Vergrösserung jener Fettkörnchen ist. Ich habe oben angeführt, dass ich zuerst bei der Heilung von Muskelwunden am Frosch auf die fettige Degeneration der Muskeln aufmerksam wurde, und musste mich dies natürlich zunächst zu der Ansicht führen, als sei diese Degeneration Folge der Muskeldurchschneidung; allein eine genauere Untersuchung lehrt, wie voreilig ein solcher Schluss wäre. Vergleicht man nämlich mit den Muskeln am Muskelstumpfe andere Muskeln desselben Frosches aus einem Körpertheil, der weit entfernt von der Durchschnittsstelle mit dieser nichts zu thun hat, so findet man hier ganz denselben Grad der fettigen Degeneration. Vergleicht man ferner die Muskelstümpfe von den ersten Tagen nach der Durchschneidung mit denen vom 15ten Tage nach dieser Operation, so findet man die fettige Degeneration durchaus nicht gemäss der Zeit, die seit der Durchschneidung verstrichen ist, weiter fortgeschritten; man findet vielmehr am 15ten Tage die einen Muskelfasern noch sowohl erhalten und andere nicht mehr degenerirt wie früher; ja manche Frösche zeigen am 15ten Tage nach der Durchschneidung noch mehr Muskelfasern wohl erhalten wie andere schon in den ersten Tagen der Durchschneidung. Die fettige Degeneration der Muskelstümpfe beim Frosch hat also nichts mit der Durchschneidung zu thun, sondern hat einen andern Grund,

*) Vergleiche Siebold und Kölliker's Zeitschrift a. a. O. S. 322.

der alle Muskeln des Frosches gleichmässig trifft. Dieser Grund liegt einfach darin, dass die gewöhnlich untersuchten Frösche solche sind, die wochen- und monatelang ihrer Freiheit beraubt und ohne Nahrung in Anatomieen gehalten werden; bei solchen tritt stets fettige Degeneration der Muskeln in der beschriebenen Weise ein. Ebenso findet man die fettige Degeneration in höheren oder geringeren Stadien sehr häufig bei Muskeln von Menschen; denn man bekommt selten andere Muskeln vom Menschen zur Untersuchung als durch dem Tod vorausgegangene Krankheiten in der genannten Weise veränderte. Durch Untersuchung von Fröschen der beschriebenen Art hat sich Kölliker verleiten lassen, eine besonders geformte interfibrilläre Zwischensubstanz in Gestalt reihenweise gestellter Körnchen als regelmässigen Bestandtheil jeder vormalen Muskelfaser anzunehmen. Auf derselben Basis beruht auch Frey's Angabe vom Vorkommen von Fettmolekülen in der Muskelfaser*), auf die nach Welcker**) schon Henle aufmerksam gemacht hat. Nie findet man in der Muskelfaser des Frosches irgendwelche interfibrillären Moleküle, wenn man eben aus der freien Natur eingefangene Frösche untersucht, wie ich es absichtlich um über den vorliegenden Punkt klar zu werden thal; dieselben Frösche zeigten nach 6 Wochen Gefangenschaft auf's Schönste die fettige Degeneration ihrer Muskeln am ganzen Körper.

Hiermit habe ich alles erwähnt, was ich im Laufe meiner Untersuchungen über die interfibrillären Lücken des Froschmuskels, ihr Verhalten bei der Wundheilung beim Frosch und bei der fettigen Degeneration des Froschmuskels fand, und ist es nun nöthig zu erforschen, wie weit das bisher vom Froschmuskel Gesagte auch für den Säugethier-

---

*) Frey, Histologie und Histochemie des Menschen S. 355.

**) Welcker a. a. O. S. 237.

muskel gilt. Hier ist zunächst zu bemerken, wie ich schon oben angedeutet habe, dass die Untersuchung von Säugethiermuskeln allein zu keinem sicheren Resultate führt, und zwar hat dies zwei Gründe: einmal ist es, wenn man lebende Säugethiermuskeln untersucht, da diese nach der Trennung vom lebenden Organismus schnell ersterben, stets schwierig zu entscheiden, ob das erhaltene Bild noch dem lebenden oder bereits dem todten Muskel angehört, während bei decapitirten Fröschen die Lebensfähigkeit des Muskels d. h. die Fähigkeit auf Reize sich zu contrahiren stundenlang bleibt, zweitens ist aber auch die Lage der in Rede stehenden Gebilde beim Säugethiermuskel eine viel unbequemere wie beim Froschmuskel; dieselben liegen nämlich beim Säugethier (vergl. das Genauere unten) nicht zwischen den Fibrillen sondern an der Innenseite des Sarkolemma, so dass sie einerseits von den Muskelfibrillen andererseits vom Sarkolemma umgeben werden; nun hat aber letzteres die Eigenschaft, nach dem Tode sehr leicht durch Aufnahme von Flüssigkeit von der eingeschlossenen contraktilen Substanz sich abzuheben *), und führt dies ebenfalls sehr leicht zu Täuschung; man muss daher, will man über die betreffenden Muskelemente in's Klare kommen, mit der Untersuchung beim Frosch, nicht beim Säugethier beginnen.

Nimmt man nun von einem lebenden Säugethier z. B. Kanninchen Muskelfasern, so sieht man auch hier in Eiweiss als Untersuchungsflüssigkeit auf den ersten Blick nichts; allein beim genaueren Durchsehen des Objcktes findet man so gut wie beim Frosch sehr wohl die langgezogenen, homogenen Spindelkörper wieder (Taf. II Fig. 7 a), die auf Zusatz von etwas Essigsäure durch Coagulation ihres Inhaltes

---

*) Frey a. a. O. S. 351 und Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 1. Abtheilung des 2. Bandes, 2. Auflage. Braunschweig 1847. S. 55.

seharf hervortreten (Taf. II Fig. 7b). Bei Anwendung von Farbstoff zeigen sie dasselbe Verhalten, wie ich es an den interfibrillären Lücken des Froschmuskels beschrieben habe; sie quellen zur Ovalform auf, zugleich in Folge dessen das Sarkolemma hervortreibend; nach Zusatz von Essigsäure nehmen sie wieder die Spindelform an mit gleichzeitig dunkelrother Färbung (vergl. Taf. II Fig. 8a, eine Muskelfaser vom Ochs nach Farbstoffeinwirkung ohne weiteres Reagenz, und Taf. II Fig. 8b, dieselbe nach Einwirkung von Essigsäure). Kurz es wiederholt sich hier alles bereits beim Frosch Gesagte; auch beim Säugethier finden sich in der Muskelprimitivfaser spindelförmige Lücken; nur ist für dieselben hier der Name „interfibrillär" nicht anzuwenden, da sie nur einerseits von den Fibrillen, andererseits vom Sarkolemma begrenzt werden. Ist einmal der Säugethiermuskel erstorben, so quellen diese Lücken, mögen die untersuchten Muskelfasern in Eiweiss liegen oder in Wasser oder in Farbstoff, sehr rasch zur Ovalform auf, was in der kurz vorher berührten Aufsaugefähigkeit des Sarkolemma's nach dem Tode, zumal an Stelle praeexistirender Lücken, seinen Grund hat. Man erhält so wieder Bilder wie Fig. 7c auf Taf. II (vom Kanninchen), auf denen die Beschreibung jener Lücken als Sarkolemmakerne u. s. f. (Kölliker, Gerlach, Virchow, Frey und andere) beruht, die aber nicht dem lebenden Muskel entsprechen. Nie zeigt eine Muskelfaser vom Säugethier, so lange sie lebensfähig ist, in Eiweiss untersucht solche ovaläre Kerngebilde, wie sie die eben genannten Autoren beschrieben haben, nie sieht man an ihr solche Hervorwölbungen des Sarkolemma's, wie sie an der erstorbenen Muskelfaser des Säugethieres an Stelle der Spindellücken aus angegebenen Gründen bald eintreten (Taf. II Fig. 7c), das Vorhandensein eines hier liegenden Kerngebildes vortäuschend. Quillt nach Behandlung mit Essigsäure beim Säugethiermuskel der quergestreifte Inhalt aus dem Sarko-

lemma aus, so geht der geronnene Inhalt der Spindellücken stets mit heraus (Taf. II Fig. 7 b), und haben somit Kölliker, Virchow und andere Recht, wenn sie von ihren Kernen dasselbe sagen, womit auch Welcker*) übereinstimmt. Was das Vorkommen eines die Muskellücken verbindenden Längskanalsystems bei Säugethieren betrifft, so sieht man auch hier von einzelnen Spindellücken in der Längsrichtung dunkle Linien abgehen oder zwei zunächst liegende Lücken durch eine solche in Verbindung stehen (Taf. II Fig. 7 a und b, 8 b); auch sieht man auf dem Querschnitt wieder schärfer hervorstechende dunkle Ringelchen (Taf. II Fig. 9 a, Querschnitt eines Kalbsmuskels mit Farbstoff imbibirt, und Taf. II Fig. 9 b, derselbe nach Behandlung mit Essigsäure); allein ein strikter Beweis für das Vorhandensein von Kanälchen am lebenden Muskel lässt sich hier so wenig führen wie beim Frosch, im Gegentheil waren es gerade Säugethiermuskeln, die mir die Existenz von Längskanälchen unsicher machten; denn in ein und demselben Muskelquerschnitt kann man jene dunklen Ringelchen an manchen Fasern in grosser Anzahl, an manchen nur in geringer Zahl, an manchen auch gar nicht sehen, und gesetzt auch die Muskelfaser von Säugethiermuskeln besitze ein Längskanalsystem, so kann dasselbe, soweit es zwischen den Fibrillen liegt, nichts mit den Spindellücken zu thun haben; denn wie gesagt liegen beim Säugethier keine solche Lücken zwischen den Fibrillen. In Bezug auf die fettige Degeneration bei Säugethiermuskelfasern und das Verhalten der Spindellücken bei diesem Prozess gilt dasselbe wie beim Froschmuskel, und ist auch gar kein Grund vorhanden, warum es beim Säugethier anders sein sollte. Wie sich die Spindellücken der Muskelfaser vom Säugethier bei der Wundheilung verhalten, habe ich

---

*) Welcker a. a. O. S. 237.

nicht verfolgt; auch würde es für mich wenig Interesse gehabt haben, da ich die Wundheilung beim Frosch nicht bis zu Ende kannte, und will man die Vorgänge am complicirten Organismus der höchstgestellten Thiere richtig verwerthen und auslegen, so muss man dieselben erst an niederer stehenden Organismen kennen, wo sie jedenfalls einfacher und für uns leichter richtig zu erkennen sind; ein wesentlicher Unterschied in den Lebensvorgängen beider kann nicht vorhanden sein; so gut in der anorganischen Welt alles bestimmten, ausnahmslosen Gesetzen unterliegt, müssen sich auch die Prozesse lebender Organismen solchen fügen.

Dasselbe wie vom Säugethiermuskel gilt auch vom Muskel der Vögel und Fische, auch hier finden sich überall die Spindellücken der Muskelprimitivfaser wieder; nur die Lage dieser Lücken ändert sich bei den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere, wie aus folgendem hervorgeht. Bei den Muskelfasern aller Säugethiere, vom Menschen angefangen bis zu den Pinnipedien und Cetaceen herab *), liegen diese Lücken an der Innenseite des Sarkolemma's (Taf. II Fig. 9a und b), welches ihre äussere Wand darstellt, wäh-

---

1) Die von mir untersuchten Säugethiermuskeln sind ausser den vom Menschen:

Quadrumana:	Cercopithecus griseoviridis.
	Cynocephalus Sphinx.
Ferae:	Mustela Putorius.
	Mustela foina.
	Canis familiaris.
	Canis Vulpes.
	Hyaena striata.
	Felis domestica.
Rodentia:	Mus musculus.
	Lepus cuniculus.
	Cavia cobaya.

rend ihre innere Wand von den Muskelfibrillen gebildet wird, und gehört hier der Fall zu den Seltenheiten, dass eine Lücke mitten in der Muskelfaser zwischen den Fibrillen drinliegt. Auch ist es in dieser Beziehung ganz gleichgültig, ob man Muskeln von den Extremitäten oder vom Rumpfe nimmt; auch der Zwerchfellmuskel stimmt damit überein, nur der quergestreifte Herzmuskel macht nach Rollett's Angaben *) eine Ausnahme, indem hier die Lücken im Innern des Primitivbündels zwischen den Fibrillen liegen. Die Muskelfasern der Vögel schliessen sich im Allgemeinen denen der Säugethiere an, so thun dies besonders die von Singvögeln**), Schwimmvögeln und von Sumpfvögeln, dagegen weichen die

---

Edentata: Dasypus sexcinctus.
Pachydermata: Sus scrofa domestica.
Bisulca: Ovis Aries.
Bos taurus.
Pinnipedia: Phoca vitulina.

*) Rollett a. a. O. S. 111 u. ff.

**) Die von mir untersuchten Vogelmuskeln sind:
Oscines: Fringilla canaria.
Fringilla domestica.
Fringilla cannabina.
Raptatores: Falco palumbarius.
Falco buteo.
Gallinacei: Columba domestica.
Grallatores: Rallus aquaticus.
Dazu füge ich als von Rollett untersucht bei:
Oscines: Fringilla coelebs.
Emberiza citrinella.
Gallinacei: Tetrao tetrix.
Tetrao Bonasia.
Phasianus Gallus.
Natatores: Anser domesticus.
Anas boschas domestica.

Muskelfasern anderer Vögel hiervon in sofern etwas ab, als man auf Muskelquerschnitten stellenweise Muskelfasern antrifft, wo auffallend viel Muskellücken zwischen den Fibrillen und nicht wie bei den übrigen am Sarkolemma liegen; dies fand ich bei Raubvögeln und besonders Hühnervögeln, die Tauben hier mit eingerechnet. Ob auf dieses Lagerungsverhältniss die Dicke der Muskelprimitivfaser, wie Rollett für die Brustmuskulatur der Taube angibt, oder ob dies davon abhängt, dass das Fleisch weisses oder dunkles ist, wie derselbe sagt, kann ich nicht mit Sicherheit angeben; mir fiel das erwähnte Verhältniss zuerst am Extremitätenmuskel der Taube (Taf. II Fig. 10) und dann an den Halsmuskeln von Falken auf, ohne dass ich die übrigen Muskeln dieser Thiere untersucht hätte. Bei den Muskelfasern von Amphibien *) liegen die Lücken der Muskelprimitivfasern alle zwischen den Fibrillen, und ist es hier umgekehrt wie bei den Säugethiermuskeln eine grosse Seltenheit, eine Lücke an der Innenseite des Sarkolemma's zu finden. Ebenso verhält es sich bei den Muskeln von Fischen **) zumal von Knorpel-

---

*) Die von mir untersuchten Amphibienmuskeln sind:

Sauri:	Alligator lucius.
Batrachia:	Rana esculenta.

Dazu kommen von Rollett:

Sauri:	Lacerta viridis.
	Lacerta agilis.
	Chamaeleo africanus.
Serpentes:	Natrix torquata, Aldr.
Batrachia:	Rana esculenta.
	Bufo cinereus.

**) Die von mir untersuchten Fischmuskeln sind:

Knochenfische:	Cyprinus Dobula.
Knorpelfische:	Scyllium canicula.
	Raja clavata.

fischen und von Rundmäulern, während man bei Knochenfischen doch auch Muskelfasern findet, die mit denen von Säugethieren übereinstimmen, wie ich solche Muskelfasern z. B. in Muskeln von Cyprinus Dobula aus der Nähe der Kiemen fand.

Von Interesse ist auch die Untersuchung von Muskelfasern wirbelloser Thiere, so untersuchte ich die Schwanzmuskeln von Astacus fluviatilis aus der Klasse der Crustaceen und die Thoraxmuskeln von Dytiscus marginalis aus der Klasse der Insekten. Bei Astacus fluviatilis haben die Lücken der Muskelfasern eine auffallende Grösse, verschmelzen zu 2 und 3 hintereinander zu langgezogenen Hohlräumen, haben ebenfalls ursprünglich die Spindelform und quellen leicht zur Ovalform auf; in ihrer Lage halten sie sich an kein Gesetz, liegen bald an der Peripherie bald im Innern einer Muskelfaser. Bei Dytiscus marginalis verschmelzen die interfibrillären Muskellücken zu 3 bis 4 schmalen im Innern der Muskelfaser zwischen den Fibrillen verlaufenden Kanälen. Leider muss ich mich mit diesen rudimentären Bemerkungen über die Muskelfasern wirbelloser Thiere begnügen, da meine Zeit nicht ausreichte auch hier ausführlichere Untersuchungen anzustellen.

Soviel geht aus dem über die Lage der Muskellücken Gesagten hervor, dass dieselbe zwei Typen folgt: bei Warmblütern liegen dieselben durchschnittlich an der Innenseite des Sarkolemma's, bei Kaltblütern dagegen zwischen den Fibrillen im Innern der Muskelfasern, und haben diejenigen,

---

Rundmäuler: Petromyzon fluviatilis.
Petromyzon Planeri.

Dazu kommen von Rollett:

Knochenfische: Cyprinus Carpio.
Cyprinus barbatula.
Phoxinus Marsilii, Heckel.

die von einem die Muskelfaser durchziehenden und umspinnenden Zellennetz reden, abgesehen davon dass ihre Zellen Lücken sind, auch hierauf nicht geachtet, indem sie Bilder von Säugethieren und vom Frosch zusammenwarfen.

Es sei mir erlaubt, hier noch einige Worte über den Bau der quergestreiften Muskelfaser beizufügen. Vergleicht man die beiden zur Zeit herrschenden Ansichten über die feinere Zusammensetzung des Muskelprimitivbündels, die eine, die auf die sarcous elements zurückgeht, und sowohl das Zerfallen der Muskelfaser in Fibrillen wie das in dises als Kunstprodukt erklärt, von Bowman ausgehend und von Rollett, Frey und andern befolgt, die andere, die die Muskelfaser aus Fibrillen bestehen lässt, von Schwann, Müller, Valentin, Henle, Gerlach, Kölliker und andern vertreten, so haben die Anhänger der ersteren Ansicht allerdings Recht, wenn sie das Zerfallen der Muskelfaser in Fibrillen nach Einwirkung von Alkohol und Chromsäure nicht höher schätzen wie das in dises nach Einwirkung verdünnter Salzsäure; die eine wie die andere dieser Erscheinungen ist durch Reagentien erzielt, deren Wirkung auf das lebende Gewebe bei unserer Unkenntniss der chemischen Constitution letzterer sich nicht abmessen lässt; legt man aber an jene beiden Ansichten über den Bau der Muskelfaser den Massstab, den ich in meiner ganzen Arbeit befolgt habe, und sieht vor Allem zu, was der frische Muskel ohne allen Gebrauch von Reagentien lehrt, so neigt sich die Wagschale doch auf die Seite derer, die die Muskelfaser aus Fibrillen bestehen lassen; man sieht an der frischen Muskelfaser stets eine zarte dichte Längsstreifung (Taf. I Fig. 1), die sich nur bei der Existenz von Fibrillen einfach erklären lässt, man sieht an den frischen Thorax-

muskeln vieler Insekten die einzelnen Fibrillen sehr schön, dazu kommt die offenbar grössere Neigung der Mnskelfaser in Fibrillen zu zerfallen wie in discs, ferner die Existenz langgezogener Spindellücken und nicht unwahrscheinlich feiner Längskanälchen in der Muskelfaser, wie man sie am deutlichsten in den Muskeln von Kaltblütern wahrnimmt, die, jeder eignen Wand entbehrend, sich ebenfalls nur bei Gegenwart von Fibrillen einfach erklären lassen, ferner der Umstand, dass bei fettiger Degeneration des Muskelprimitivbündels die Fettmoleküle stets in exquisiter Längsrichtung auftreten (vergl. früher); alles dies spricht für das Vorhandensein von Fibrillen im Muskelprimitivbündel. Zunächst werden diese Fibrillen durch eine ganz homogene Zwischenmasse zusammengehalten, auf der jenes für die Auslegung so trügerische Bild des mit Essigsäure behandelten Muskelfaserquerschnittes vom Frosch beruht (Taf. I Fig. 4, 6 b u. c), und die am gesunden Muskel durchaus nichts von Körnchen u. s. f. enthält, wie Frey und Kölliker annehmen (s. oben). Zu einem Ganzen vereinigt wird das Muskelprimitivbündel durch das Sarkolemma, das in seinen Eigenschaften mit dem elastischen Gewebe übereinstimmt; warum Leydig *) das Sarkolemma für bindegewebiger Natur erklärt, weiss ich nicht. Im Innern des Muskelprimitivbündels sei es mitten zwischen den Fibrillen (Kaltblüter), sei es an der Innenseite des Sarkolemma's (Warmblüter) sind noch die Spindellücken der beschriebenen Art zu erwähnen. Was den Uebergang von Muskel in Sehne betrifft, so muss ein unbefangener Beobachter, so unwahrscheinlich dies auch bei einiger Ueberlegung zu sein scheint, doch die Richtigkeit des von Frey **) für alle Muskeln angenommenen con-

---

*) Leydig's Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere S. 130.

**) Frey a. a. O. S. 359.

tinuirlichen Uebergangs von contraktilem Muskelgewebe in das Sehnengewebe zugeben, und gedenkt man dabei der bekannten Thatsache, dass bei Einwirkung einer Zugkraft auf beide Muskelenden der Muskel an jeder andern Stelle eher reisst, als an der Uebergangsstelle in die Sehne, so wäre dies, nimmt man nicht den Uebergang beider Gewebe in continuo an, sondern lässt das Muskelgewebe in der Weise in die Sehne übergehen, dass das abgerundete Ende einer Muskelfaser in genau begrenzter Linie von dem beginnenden Sehnengewebe rings umfasst wird (Valentin, Leydig und andere), ganz unerklärlich. Nicht so einverstanden bin ich mit Frey, wenn er es als ganz zweifellos hinstellt, dass das Sarkolemma continuirlich in Bindegewebsfibrillen des entsprechenden Sehnenbündels, das stets einen geringeren Durchmesser hat wie das zugehörige Muskelprimitivbündel, übergehe. Das Sarkolemma geht vielmehr continuirlich in die ihm ganz gleiche Hüllenschichte eines jeden einem Muskelprimitivbündel entsprechenden Bindegewebsfascikels über, auf deren Gegenwart Henle*) sehr richtig die Isolationsfähigkeit jener sternförmigen Lücken im Querschnitt einer Sehne zurückführt, ohne dass damit irgendwie die Zellennatur dieser Gebilde bewiesen wäre. Seitdem ich vorurtheilsfrei und unpartheiisch mit dem Mikroskop arbeite, habe ich weder im lockigen geformten Bindegewebe noch in der Hornhaut etwas anderes als interfasciculäre und interlamelläre Lücken gesehen, wie sie auch Benecke**) mit geringer Abweichung von Henle angibt. Ueberall wo im

---

*) Henle, über das Bindewebe in seinem Bericht über die Fortschritte der Anatomie im Jahr 1858.

**) Vergl. C. W. Benecke in seiner wohl zu beachtenden Arbeit über die Nichtidentität von Knorpel-, Knochen- und Bindegewebe.

ausgebildeten Organismus Gewebselemente von cylindrischer Form sich an einander lagern, da sieht man zwischen ihnen Lücken frei bleiben, die auf dem Längsschnitt spindelförmig, auf dem Querschnitt sternförmig aussehen, so zwischen den Fascikeln des geformten Bindegewebes, so zwichen den Muskelprimitivbündeln und Nervenfasern, wo dieselben ohne Dazwischenlagerung von Bindegewebe unmittelbar aneinanderliegen, so zwischen den Fibrillen des Muskelprimitivbündels bei Kaltblütern und mit veränderter Lage zwischen Fibrillen und Sarkolemma bei Warmblütern. Alles dies sind — wenigstens im erwachsenen Organismus — Lücken aber keine Zellen.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I.

Fig. 1. Primitivbündel des Frosches frisch im Eiweiss.

Fig. 2. Querschnitt eines getrockneten Muskelprimitivbündels des Frosches in Wasser aufgeweicht.

Fig. 3a u. b. Muskelprimitivbündel des Frosches frisch in Eiweiss nach Essigsäurezusatz.

Fig. 4. Das zweite Präparat nach Zusatz von Essigsäure.

Fig. 5a. Muskelprimitivbündel des Frosches mit Farbstoff imbibirt.

Fig. 5b u. c. Dasselbe nach Zusatz von Essigsäure.

Fig. 6a. Der Fig. 5a entsprechende Querschnitt.

Fig. 6b. Der Eig. 5b u. c entsprechende Querschnitt.

Fig. 6c. Dasselbe wie Fig. 6b nach längerer Einwirkung von Essigsäure.

Fig. 7. Muskelprimitivbündel des Frosches kurze Zeit in flüssiger Injectionsmasse gelegen.

Fig. 8. Der Fig. 7 entsprechende Querschnitt.

Fig. 9. Muskelprimitivbündel des Frosches längere Zeit in Chromsäure gelegen.

Fig. 10. Der Fig. 9 entsprechende Querschnitt.

Taf. II.

Fig. 1. Das Präparat Taf. I Fig. 9 nach Behandlung mit Aether.

Fig. 2. Der zu Taf. II Fig. 1 gehörige Querschnitt.

Fig. 3. Abgerissenes Stück Capillare (s. Text).

Fig. 4. Fettig degenerirte Muskelfasern vom Frosch.

Fig. 5. Stück der Zwischenmasse zwischen den Stümpfen eines durchschnittenen Froschmuskels am 4ten Tage nach der Durchschneidung.

Fig. 6. Dasselbe am 11ten Tage nach der Durchschneidung.

Fig. 7a. Muskelprimitivbündel des Kaninchens frisch in Eiweiss.

Fig. 7b. Dasselbe nach Essigsäurezusatz.

Fig. 7c. Muskelprimitivbündel vom Kaninchen einige Zeit nach dem Tode.

Fig. 8a. Muskelprimitivbündel vom Ochs mit Farbstoff imbibirt.

Fig. 8b. Dasselbe nach Einwirkung von Essigsäure.

Fig. 9a. Querschnitt vom Kalbsmuskel mit Farbstoff imbibirt.

Fig. 9b. Derselbe Querschnitt nach Behandlung mit Essigsäure.

Fig. 10. Querschnitt vom Extremitätenmuskel einer Taube mit Farbstoff imbibirt nach Zusatz von Essigsäure.

Alle Figuren sind bei 330facher Vergrösserung eines zuverlässigen Kellner'schen Instrumentes (Syst. 3 Ocul. I) nach der Natur gezeichnet.

Taf I.

Taf II.

3 a 3 a

1. 3. 2. 5. 3 a

a

a b 4. c d. 6

a a 7. c b a 8 b

9. 10